

吸引圧の安全性に関する基礎的研究

—ラット気管を用いた粘膜損傷の検討—

平野昭彦, 武田利明, 小山奈都子,
石田陽子, 菊池和子, 高橋有里

Basic Study on the Level of Safe Pressure for Tracheal Suction

—Using Rat Tracheal Mucous Membrane—

Akihiko HIRANO, Toshiaki TAKEDA,
Natsuko OYAMA, Yoko ISHIDA,
Kazuko KIKUCHI, Yuri TAKAHASHI

要 旨

深麻酔下で致死させた直後のラットの気管を摘出し、気管を正中線上に切開した後、粘膜に吸引カテーテルの先端開口孔を当て、吸引する実験を行なった。気管粘膜は、カテーテルを当てた部位について、病理組織学的に検索した。

吸引は、圧200mmHg, 300mmHg, 400mmHg, 500mmHgでそれぞれ2秒間と8秒間を実施し、500mmHgで8秒間実施した吸引において、広範囲に基底膜まで達する剥離が認められた。

粘膜損傷が広範囲に基底膜まで達する場合は、損傷の修復に時間を要するため、その吸引圧は安全ではないと考えられる。したがって、本実験条件下では、吸引圧500mmHgで吸引時間8秒は、粘膜損傷が広範囲に基底膜まで達しており、危険な吸引圧と考えられた。

同じくラットに吸引実験をした先行研究では、400mmHgで60秒間の吸引を実施し出血を認めている。400mmHgであっても吸引時間が60秒以上では重篤な粘膜損傷となることがあると考えられた。

キーワード：気管内吸引, 吸引圧, 粘膜損傷, 安全性, ラット気管

はじめに

気管の内面は粘膜でおおわれており、吸引圧が高いと粘膜を損傷する危険性があるため、吸引圧をいくつに設定するかは重要である。ところが、吸引圧は看護技術書によって、成人の場合、80mmHg～100mmHg¹⁾、100mmHg～120mmHg²⁾、³⁾ 4)、100mmHg～200mmHg⁵⁾とさまざまであり、鼻、口腔内吸引では200mmHg～400mmHg⁶⁾とその差は4～5倍にもなる。しかし、臨床においてはさらに高い圧で吸引を行っているという調査報告^{7) 8)}もあり、適切な吸引圧についての検討は課題となっている。

昨年、我々は⁹⁾、1983年～2003年にWeb.医学中

央雑誌に掲載されていた気管内吸引圧と粘膜損傷に関連した文献を調査し、臨床体験からの報告、臨床実態調査研究、臨床研究、動物実験があることを報告した。臨床研究では、カテーテルが3孔式を使用したものが3件^{7) 10) 11)}と不明のものが2件^{12) 13)}であった。城戸ら¹¹⁾は、複数孔式カテーテルでの吸引では、その孔にかかる吸引圧は、設定圧から時間と共に低くなることを報告している。臨床では、複数孔のあるカテーテルが使用されており⁸⁾、カテーテルの孔が全て塞がっている場合を除いて、粘膜にかかる吸引圧は、設定圧と同じではないことから、ある設定圧で粘膜損傷がないからといって安全な吸引圧であるとはいえないことを指摘した⁹⁾。また、臨床で患者に粘膜損傷を起

こす可能性のある吸引圧で吸引する実験をすることは倫理上許されない。したがって、吸引条件をコントロールできる動物実験による方法が必要である。

動物実験による文献は2件の報告があった。奥秋¹⁴⁾は、犬の気管を吸引した実験では、100mmHgの圧で吸引したところ気管の線毛が脱落したと報告している。しかし、他の吸引圧での実施と結果は記載されていないため不明であった。岡崎ら¹⁵⁾は、ラットの実験では、400mmHgの吸引圧で粘膜剥離を認めている。さらに、臨床調査を実施し、400mmHgの圧で吸引したが粘膜を損傷したとはいえなかったと報告している¹⁵⁾。しかし、ラットの吸引実験は、人為的に剥離した上皮細胞の存在が集塊か単独か等を検討する目的であったため、400mmHg以外の吸引圧による実験は行っていない。

また、これらの動物実験では、粘膜の走査顕微鏡による観察、吸引痰の細胞の位相差顕微鏡による観察、肉眼による観察を実施しており、生体内への作用については明かにされていない。

このように、吸引圧と粘膜損傷に関する基礎的データについては実験動物を用いたいくつかの報告はあるものの不十分な状況にある。そこで、安全な吸引圧を検討する基礎知見を得るため、動物実験を行なうこととした。動物を用いる吸引実験は、我々にとって初めてであり、実験方法の検討も必要であることから、初段階の実験として、先行研究で用いられ、取り扱いが容易なラットを使用することとした。岡崎らのラットによる実験では¹⁵⁾、肉眼的観察のみであり、病態像については、明かにされていないため、本研究では、病理学的検索を試みた。

研究目的

吸引圧の安全性について考察するための基礎的知見を得るために、吸引圧と吸引時間が気管粘膜に及ぼす影響を検討する。

研究方法

1) 実験方法

深麻酔下で致死させた直後のCrj:Wistar系雄性ラットの気管を摘出し、気管を正中線上に切

開し、粘膜に吸引カテーテルを当て吸引した。カテーテルは、A社製吸引カテーテル気管内挿管用12Fr. (先端開口/2側孔)を使用した。複数孔のあるカテーテルで吸引した場合、吸引中に圧が低下するため、2側孔はテープで塞ぎ、先端開口孔を気管の粘膜に軽く当てた。吸引にはハイスタンド小型吸引器ミニックW (新鋭工業)を使用した。

吸引圧は、実態調査と看護技術書の記述内容を考慮して、200mmHg, 300mmHg, 400mmHg, 500mmHgとした。

実際の吸引においては、カテーテルを回転させたり、引き抜くため、カテーテルの孔が粘膜の同一箇所に着着している時間はおよそ2秒程度までと考えた。本研究では、同一部位にかかる吸引の時間が粘膜損傷にどのように影響するのかを明らかにすることでもあるので、吸引時間は、2秒と設定した。しかし、場合によっては長く同じ粘膜に孔を当てている可能性も考えて、その4倍の8秒も吸引時間に含め設定した。

実験では、200mmHg, 300mmHg, 400mmHg, 500mmHgのそれぞれの圧について、2秒と8秒間の吸引を行なった。

2) 病理標本の作製

吸引した部位の気管粘膜については、2個の組織標本を切り出し、ホルマリンで固定した。その後、ヘマトキシリン&エオジン染色を施した病理標本を作製した。

3) 病理組織学的検索

同一ヶ所を吸引して作製した2個の標本を1組と考え、いずれかの標本に損傷が認められた場合、その部位は損傷ありと判断した。

粘膜損傷の程度は、損傷なし (記号: -), 上皮細胞上層の損傷 (±), 基底膜まで達しない上皮細胞の損傷 (+), 限局性に基底膜まで達する損傷 (++) , 広範囲に基底膜まで達する損傷 (+++) の5段階に分類した。

なお、本実験は、動物実験に関する指針 (1987)¹⁶⁾ に準拠して実施した。

結果

2秒間の吸引での粘膜損傷の検索結果を表1に示した。吸引圧200mmHgでは、3/5例に上皮細胞表層の損傷 (図1), 1/5例に基底膜まで達しない上

皮細胞の損傷が見られた(図2). 300mmHgでは、4/7例に基底膜までは達しない上皮細胞の損傷、1/7例に限局性に基底膜まで達する損傷が認められた(図3). 400mmHgでは、4/7例に基底膜までは達しない上皮細胞の損傷、1/7例に限局性に基底膜まで達する損傷が認められた. 500mmHgでは、2/5例に基底膜まで達しない上皮細胞の損傷、2/5例に限局性に基底膜まで達する損傷が認められた.

表1 吸引時間2秒の吸引圧ごとの
 粘膜損傷の程度と件数

吸引圧	粘膜損傷の程度					合計
	—	±	+	++	+++	
200mmHg	1	3	1	0	0	5
300mmHg	1	1	4	1	0	7
400mmHg	2	0	4	1	0	7
500mmHg	1	0	2	2	0	5

数値: 件数
 一: 損傷なし ±: 上皮細胞上層の損傷 +: 基底膜まで達しない上皮細胞の損傷
 ++: 限局性の基底膜に達する損傷 +++: 広範囲に基底膜に達する損傷

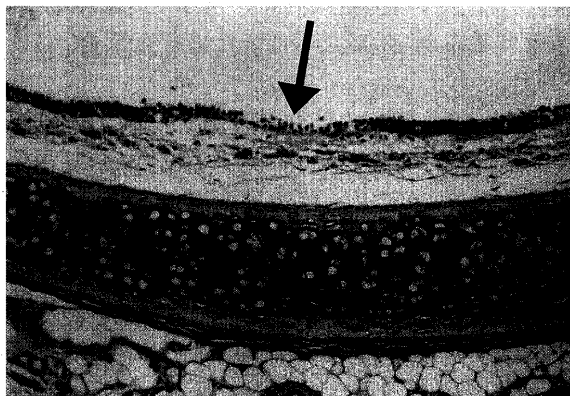


図1 気管粘膜細胞の傷害像(200mmHg,2秒間)
 一部の上皮細胞表層に損傷を認める(矢印)

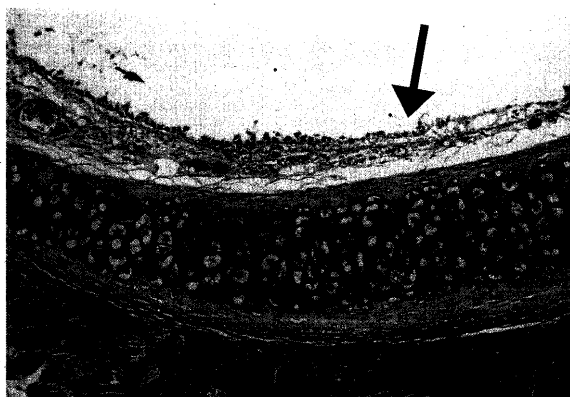


図2 気管粘膜細胞の傷害像(200mmHg,2秒間)
 表層より深い基底膜まで達しない上皮細胞の損傷を認める(矢印)

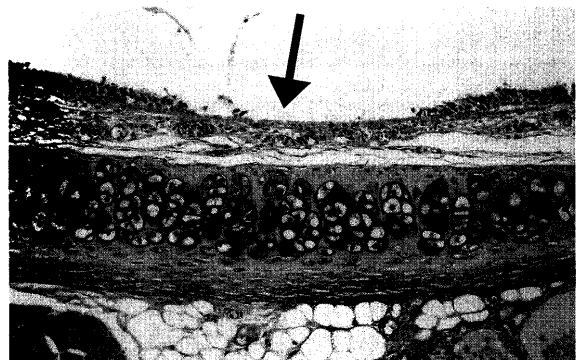


図3 気管粘膜細胞の傷害像(300mmHg,2秒間)
 限局性に基底膜まで達する上皮細胞の損傷を認める(矢印)

8秒間の吸引での粘膜損傷の検索結果を表2に示した. 吸引圧200mmHgでは、6/6例に基底膜まで達しない上皮細胞の損傷が認められた. 300mmHgでは、4/7例に基底膜まで達しない上皮細胞の損傷、1/7例に限局性に基底膜まで達する損傷が認められた. 400mmHgでは、3/7例に基底膜まで達しない上皮細胞の損傷、2/7例に限局性に基底膜まで達する損傷が認められた. 吸引圧500mmHgでは、2/6例に基底膜まで達しない上皮細胞の損傷、3/6例に広範囲に基底膜まで達する損傷が認められた(図4).

表2 吸引時間8秒の吸引圧ごとの
 粘膜損傷の程度と件数

吸引圧	粘膜損傷の程度					合計
	—	±	+	++	+++	
200mmHg	0	0	6	0	0	6
300mmHg	2	0	4	1	0	7
400mmHg	2	0	3	2	0	7
500mmHg	1	0	2	0	3	6

数値: 件数
 一: 損傷なし ±: 上皮細胞上層の損傷 +: 基底膜まで達しない上皮細胞の損傷
 ++: 限局性の基底膜に達する損傷 +++: 広範囲に基底膜に達する損傷

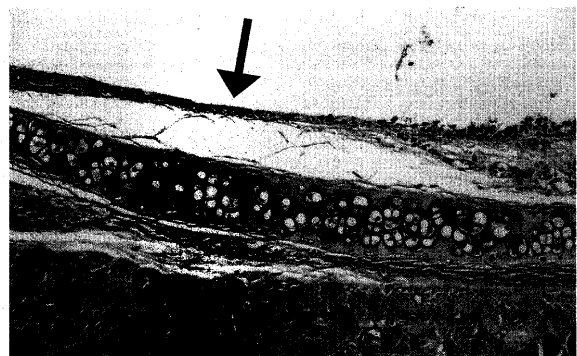


図4 気管粘膜細胞の傷害像(500mmHg,8秒間)
 広範囲に基底膜まで達する上皮細胞の損傷を認める(矢印)

考察

1) 粘膜損傷の危険性と本実験結果の考察

岡崎ら¹⁵⁾は、人為的に剥離した細胞の存在が集塊か単独か等を検討するためラット気管を摘出した吸引実験を行い、吸引内容を顕微鏡で観察した結果から、「動物の強制剥離痰の組織学的研究からは、高圧で気管内吸引を行うと上皮細胞は集塊で剥離される」と述べている。しかし、今回の我々の実験では、病理学的にみると、さまざまな程度の粘膜損傷があることが確認できた。

どのような粘膜損傷が危険であるかは、研究者によってさまざまであり定まっていない。病理学的観点からは、その安全性について述べたものは少ない。形態学的に言えば、粘膜上皮細胞に少しでも損傷があればそれは粘膜損傷であり、それを引き起こした吸引圧は危険であることになる。しかし、粘膜細胞は普段から脱落と再生を繰り返しておりその再生能力は他の組織よりきわめて強く、粘膜細胞の軽度の、あるいは限局性の損傷は臨床上特に問題にならないと考える。また、粘膜細胞が損傷した場合、基底膜が残存していれば基底細胞が基底膜を移動し覆う¹⁷⁾。しかし、基底膜まで剥離した場合は、基底膜を修復し伸ばしながら損傷部位を覆わなければならなくなり、粘膜の欠損が基底膜まで達している場合と達しない場合では、粘膜の修復過程に大きな相違があると考えられる。組織が損傷を受け、分化した細胞が失われたとき、その損失は支持組織の構築（特に基底膜）が維持されている時にのみもとどおり修復される¹⁸⁾、といわれている。田口¹⁹⁾は、ラット気管の気管粘膜にバーナー照射により熱傷を作製し、「基底膜の残存が上皮再生の重要な条件であることを示唆した」と述べている。さらに、基底膜の直下には、毛細血管がある。岡崎ら¹⁵⁾が述べるように、基底膜が損傷されると毛細血管も同時に損傷する危険が高まる。これも、粘膜損傷の範囲が小さければ臨床上特に問題にはならないと考える。以上を考慮すると、粘膜損傷が基底膜まで達していて、しかもそれが広範囲である場合は重篤な粘膜損傷であり、吸引圧の安全性を判断する1つの目安であると考えられる。

この観点からみると、本実験条件下では、吸

引圧500mmHgで吸引時間8秒は、粘膜損傷が基底膜まで広範囲に達しており、危険な吸引圧と考えられた。吸引圧300mmHg、400mmHgでは限局性に基底膜まで達する剥離が認められた。しかし、極めて小さい範囲に限局したものであり危険性は低いと考えられた。吸引圧200mmHgは粘膜損傷が基底膜まで達しておらず、危険性は低いと考えられた。

同じ圧力の条件で吸引時間2秒と8秒の粘膜損傷の程度を見ると、2秒より8秒の方が粘膜損傷の程度は強い傾向があった。つまり、粘膜が吸引されている時間が長いほど粘膜損傷が強くなることが考えられる。

2) 先行文献との比較検討

岡崎ら¹⁵⁾は、生体のラットの胸郭を切開し、気管を露出させ正中線に切開し露出させた粘膜に単孔式カテーテルを用いて直接当て、400mmHgまたは500mmHgで15～150秒間の吸引を行い、吸引内容物と吸引部位の粘膜を顕微鏡で観察したところ、細胞と出血の跡を確認することができなかったと述べている。ただし、病理学検索は行っていないためより詳細な粘膜損傷の検討はされていない。今回の我々の実験では、500mmHgで吸引を行い、岡崎らより短い時間であるにもかかわらず上皮細胞の損傷を観察している。岡崎らの実験では、500mmHgによる検体数が3件と評価するには少なかった。しかし、岡崎らが次に3孔式カテーテルを用い、400mmHgで60秒間吸引した実験では粘膜剥離と出血を観察している。岡崎らの先の実験で400mmHgで実施したのは、吸引時間が15秒と35秒であり、次に実施した実験の60秒より短かった。吸引時間が60秒と150秒は検体数がそれぞれ2件と判定するには数が少なかった。今回の我々の実験では吸引時間がさらに短い2秒と8秒であり、吸引時間の相違が結果に影響していると考えられた。したがって、吸引圧400mmHgは、吸引時間が60秒以上となる場合は、危険な圧力となる場合があることが推測された。しかし、吸引時間は、低酸素症あるいは無気肺の予防のため、15秒以内とされているので、15秒を超える吸引時間は臨床では行われないので問題とされない。吸引時間9秒以上15秒以下では、検体数が少なく検討が不十分であるので検体数を増やして検討する必要がある。

引用文献

- 1) Caroline B.R. : The Textbook of basic Nursing (7th ed.) , 1209, Lippincott, 1999.
- 2) Carol T., Carol L.: Fundamentals of NURSING (3rd ed.) , 1349, Lippincott, 1997.
- 3) Pamela L.S.: Photo-atlas of nursing procedures, 阿曾洋子 訳: 臨床看護技術アトラス, 医学書院, 1994.
- 4) Doris S.S.: The lippincott manual of nursing practice, Lippincott, 谷合哲: 臨床看護マニュアル, 医学書院, 1991.
- 5) 内藤寿喜子, 江本愛子, 他: 新版看護学全書 13 基礎看護学2基礎看護技術, 173, メジカルフレンド, 1999.
- 6) 岡崎美智子 編: 看護技術実習ガイド1 基礎看護技術 (第2版), 179, メジカルフレンド, 2002.
- 7) 長谷川芳子, 岡崎壽美子, 他: 気管内吸引圧の安全性に関する研究 (第一報), 日本看護科学学会誌, 16 (2), 384-385, 1996.
- 8) 東郷美香子: 吸引に関するアンケート調査, Nursing Today, 12 (10), 33-35, 1998.
- 9) 平野昭彦, 武田利明, 他: 気管内吸引圧の安全性に関する文献調査研究, 岩手県立大学看護学部紀要, 6, 111-115, 2004.
- 10) 田中幸子, 城戸滋里, 他: 気管内吸引圧の安全性に関する研究 (第二報), 第18回日本看護科学学会学術集会集録集, 406-407, 1998.
- 11) 城戸滋里, 猪股克子, 他: 気管内吸引技術の安全性に関する研究, 看護技術, 81-85, 1999
- 12) 松田康子, 本村秀子, 他: 気管内吸引操作に関する1考察, ICUとCCU, 臨時増刊, 325-326, 1992.
- 13) 布施淳子, 岡田千佐子, 他: 安全・安楽な気管内吸引法の検討, 日本看護学会第33回看護総合, 62-64, 2002.
- 14) 奥秋晟: 吸引カテーテル, 救急医学, 4 (10), 1115-1120, 1980.
- 15) 岡崎壽美子, 他: 看護技術パフォーマンス監査-気管内吸引圧の安全性に関する研究-, 平成7年度科学研究費補助金 (基盤研究C (2)) 研究成果報告書, 1998.
- 16) 日本動物実験学会: 実験動物に関する指針 (資料), Exp Animal, 31, 285-288, 1987.
- 17) 服部康夫, 中村兼一, 他: 気管粘膜の再生・修復に関する電顕的観察-粘膜搔爬の繰り返しによる修飾, および再生上皮と胎生期粘膜上皮の分化との比較-, 日本耳鼻科学会雑誌, 892-901, 1982.
- 18) Alan S., James L.: HUMAN HISTOLOGY (2nd ed.) , Mosby, 1997, 内山安男, 相磯貞和 監訳: 人体組織学 (第2版), 64, 南江堂, 1999.
- 19) 田口洋: ラット気管熱傷モデルによる肉眼的所見と組織学的所見に関する研究, 東京医大雑誌, 53 (6), 834-841, 1995.

参考文献

- 1) 寺師 栄: 気管内吸引とトイレトレーニング, EXEPERT NURSE, 10 (6), 64-66, 1994.
- 2) 成瀬好洋, 羽鳥文麿, 他: 適切な小児気管内吸引の検討, ICUとCCU, 6, 497-505, 1982.

Abstract

We removed the tracheae of rats that had been killed after deep anesthesia, and cut then down their centerline. We then placed the tip of a catheter on the mucous membranes and applied suction pressure to them. We then cut out the mucous membranes after suction and prepared histological specimens from them for pathological assessment.

After suction for 2 seconds and 8 seconds using 200 mmHg, 300 mmHg, 400 mmHg and 500 mmHg negative pressure, specimens that had been subjected to a suction pressure 500 mmHg for 8 seconds showed wide injury to the basal membrane.

We think that negative pressure resulting in wide injury to the basal membrane is not safe because such injury takes a long time to repair. Therefore, suction with a negative pressure of 500 mmHg for 8 seconds is thought to be the danger.

In a previous study where suction was applied to rats, a negative pressure of 400 mmHg for 60 seconds caused bleeding from the mucous membrane. Therefore, we think that 400 mmHg of suction pressure for over 60 seconds sometimes causes serious injury.

Keywords : tracheal suction, suction pressure, mucous membrane injury, tracheae of rat